

仕様書

XAFS ビームライン用二結晶分光器の整備

Manufacturing of double-crystal monochromator for
XAFS beamline

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

1. 概要

1.1. 件名

XAFS ビームライン用二結晶分光器の整備

Manufacturing of double-crystal monochromator for XAFS beamline

1.2. 目的

本件は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下「QST」という。)が3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu に整備する X 吸収分光ビームラインにおいて、放射光から所望する波長成分の X 線を選択するための二結晶分光器の整備を行うものである。

1.3. 納入品構成及び仕様範囲

XAFS ビームライン用二結晶分光器の整備： 一式

必要な材料手配、設計、製作、試験、梱包・輸送、搬入、据付、真空立上げ及びユーティリティ敷設など一切を含むこと。

なお、据付調整作業に必要な一切の測量機器（トランシット、鉛直器、オートレベル、水準器、治具等）並びにベーキングを含む真空作業及びユーティリティ敷設作業に必要な一切の部品、工具及び消耗品（温度監視用熱電対、固着防止用のモリブデン、アルコール等）など、本案件を遂行するために必要な全ての物品は、受注者側で準備すること。

また、納入時に使用した梱包材、現地での搬入及び作業時に養生などに使用した資材の廃棄は、受注者が行うこと。

2. 一般事項

2.1. 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

NanoTerasu 実験ホール

(納入条件)

据付調整後、渡しとする

2.2. 納入期限

令和 10 年 3 月 24 日（金）

ただし、二結晶分光器本体の搬入・据付調整は令和 9 年 11 月ごろを予定している。

別契約のビームラインコンポーネントの設置とスケジュール調整が必要になる場合があるので、日程調整に協力すること。

2.3. 適用法規・基準

a) 労働安全衛生法

b) 本仕様書で規定されていない仕様については、別紙「次世代放射光施設ビームライン機器共通事項」に記された共通事項を遵守すること。本仕様書の規定との間に差異がある場合には、原

則として本仕様書の規定を優先するものとするが、個々の案件については QST 担当者と協議の上確認した後に実施するものとする。

- c) 本仕様書内で特に指定のない物品については、JIS 規格または相当品以上のものを使用すること。
- d) 他、QST が定める基準や規定に従うこと。

2.4. 検査条件

2.1 項に記載する納入場所に据付後、外観検査及び 2.7 項に定める試験検査の合格並びに 2.6 項に定める提出書類の完納をもって検査合格とする。

2.5. 契約不適合責任

契約不適合責任については、契約条項のとおりとする。

2.6. 提出書類

① 印刷物

- a) 以下の表 1 に示す図書を印刷物として提出すること。

表 1. 提出書類一覧

	図書名	提出時期	部数
1.	工程表	契約後速やかに	1
2.	打合せ議事録	実施の都度	1
3.	製作仕様書	製作開始前	1
4.	試験検査要領書	試験検査開始前	1
5.	試験検査成績書	試験検査終了後	1
6.	完成図面	検収時	3
7.	取り扱い説明書	検収時	3
8.	完成図書	検収時	3

- b) 印刷物は、原則 A4 サイズ用紙で提出すること。図面についてはこの限りではないが、A3 より大きなサイズの図面については、A3 に縮小印刷したものを添付すること。
- c) 印刷物は、原則 A4 のチューブファイル等に綴じた状態で提出すること。
- d) 製作仕様書は、承認用図面、装置外観図を含むものとする。
- e) 完成図書は、表 1 の 1～7 を印刷したものに加え、これらの電子ファイルを収録した記録媒体を併せて、表紙と目次を付して A4 ファイルに綴じたものとする。大型図面は折りたたんで収納することとし、文字が判読できない縮小図は不可とする。

② 電子ファイル

- a) 表 1 に示す提出図書を、Adobe Acrobat (pdf) ファイルもしくは Microsoft Word (docx)

ファイルの電子可読形式ファイルで提出すること。

- b) 完成図面については、外観図の 2D CAD (dwg あるいは dxf 形式) 及び 3D CAD (parasolid あるいは step 形式) のファイルを提出すること。
- c) 提出された CAD ファイルは周辺機器との干渉や取り合い等を確認するために使用される。その目的において、使用を制限した上で他社とファイルを共有する場合があるため、必要に応じて支障のない範囲の CAD ファイルを提出すること。
- d) 提出される電子ファイルを収録する記録媒体は CD-R, DVD-R, DVD+R のいずれかとする。提出前に最新定義ファイルに更新されたウィルス検知ソフトでウィルスチェックを行うこと。

2.7. 検査項目

仕様に記載された性能を保証するために必要な試験を行う。各種検査前に試験検査要領書を製作し、検査方法および使用する機材の性能について QST に提示し、承認を受けること。結果は試験検査成績書にて提出すること。場合により、検査時に取得したデータの開示を要求することもある。

2.8. グリーン購入法の推進

- a) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適合する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- b) 本仕様に定める提出書類（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

2.9. 知的財産権等

知的財産権については、知的財産権特約条項のとおりとする。

2.10. その他特記事項

- a) 受注者は、本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合、QST 担当者と協議の上その決定に従うものとする。協議内容は文書によるやり取りを原則とし、その内容について受注者と QST 担当者の双方が確認する。
- b) 据付・試運転調整における現地作業においては、QST 及び設置場所管理者に連絡を取りその指示に従うこと。特に振動・騒音及び異臭等を伴う現場作業は、工事日程が制限される場合があるため、作業工程立案及び工程管理に関しては QST 担当者との連絡を密にとり、その指示に従うこと。
- c) 性能向上に関わる提案がある場合は QST 担当者と協議を行い、承認を受けた後に実施すること。
- d) 必要に応じて工場立ち合いを行う場合があるので、協力すること。
- e) 光学設計の変更により据付位置が変更になる場合があるので、QST 担当者との連絡を密にと

り、その指示に従うこと。

3. 仕様

3.1. 概要

本件の二結晶分光器は、NanoTerasu 放射光ビームラインにおいて、X 吸収分光、散乱実験を実施するために、放射光光源から所望の波長成分の X 線を選択するため結晶によるブラッグ反射を利用するものである。本分光器の真空チャンバー内にはシリコン結晶が 2 個一組で光学素子として配置され、それらの結晶を自動ステージにて精密かつ安定に駆動する。本分光器ステージの主な特徴は、(1)結晶のブラッグ角制御を 1 軸の回転ステージで行うこと、(2) その回転ステージの軸は第一結晶と第二結晶の各ユニットから対称の位置に配置されること、(3)分光器から出射される X 線の位置ずれを 0.1 mm 以下に抑えるために、回転ステージの角度に応じて第一結晶及び第二結晶の位置を精密調整可能なステージを有することである(定位置出射)。加えて、(4)放射光による熱負荷に対応するため、液体窒素にて結晶を冷却する機能を有することが要求される。本分光器はビームラインで常用されるものであり、長期間安定に動作し、また、できるだけ迅速に整備・復旧可能な機構であることが求められる。製作した分光器はビームラインに設置される。

3.2. 機器構成及び作業内容

本件の製作物及び作業内容は以下とする。詳細は各項目を参照すること。

・駆動ステージ	3.3 項
・真空容器	3.4 項
・架台	3.5 項
・結晶ホルダ	3.6 項
・結晶冷却用配管	3.7 項
・ビームキャッチャー	3.8 項
・散乱線シールド	3.9 項
・冷却水配管	3.10 項
・温度計	3.11 項
・制御機器	3.12 項
・据付調整	3.13 項

3.3. 駆動ステージ

- (1) 波長選択のための回転ステージの名称を θM とする。本分光器では θM が 5.5° から 72° 以上の範囲で定位置出射を行う。
- (2) 定位置出射を実現するために θM の回転に合わせて、 θM 軸上のステージに搭載された第一結晶の上下方向への並進(ステージ名称：Z1)と第二結晶の上下方向への並進(ステージ名称：Z2)が必要である。Z1 及び Z2 方向への移動に関しては、Z1 軸及び Z2 軸をモーター制御による電子カム制御で同期する仕組みを採用すること。
- (3) 表 2 に駆動ステージの仕様を示す。ステージ名称の意味は以下の通り。

- ・ θM : 主軸
- ・ Z1 (Z2) : 第一結晶(第二結晶)上下方向並進
- ・ $\Delta \theta 1$: ブラッグ角微調整
- ・ $\alpha 2$: あおり角調整

(4) 本仕様書では、ステージ精度に関する用語として以下を定義する。

- ・ 制御分解能

ステッピングモーター1パルスに相当する駆動量

- ・ 位置再現性

(θM 軸の場合)

任意の位置を基準点と定め、基準点から一方向に一定間隔で順次位置計測を行い、1回転目を測定した後、反転させ基準点まで戻す。その後、さらに反転させ、1回転目と同様に位置計測を行う。それぞれの位置決め地点での1回転目と2回転目の最大差を位置再現性(角度再現性)とする。

(他のステージ)

同じ方向からの任意の1点に位置決めし、その位置を計測する。この測定点に対して複数回の測定を行い、その最大差を求める。この操作を所定の位置で行い、求めた値の最大値の2分の1に±を付けた値を位置再現性とする。

- (5) 各ステージのモーターは5相ステッピングモーターとし、株式会社メレック社製ステッピングモータードライバ(SPring-8 標準品と同等仕様)で制御可能であること。
- (6) 各ステージの駆動範囲は表2を超えるものであってもよい。分解能、位置再現性に関しては表2より精度を上げて、小さな値にしてもよい。ただし、これらの変更を加える場合には、製作前に性能を提示しQST担当者からの許可を得ること。
- (7) 本仕様書内ではZ1とZ2ステージの移動方向は上方を+と定義している。実機に対するステッピングモーターへのパルス命令の符号とステージ駆動方向の対応に関しては製作前に別途協議する。
- (8) 当該ビームラインにおける θM ステージの運転範囲(定位置出射を要求する角度範囲)は 5.5° から 72° であるが、初期調整のために θM は -1° まで回転可能でなければならない。
- (9) θM ステージの運転範囲 5.5° から 72° で、第一結晶で入射X線を跳ね上げる方向に反射させ、第二結晶で入射X線に対して平行になるように反射する。オフセット量は鉛直方向に30mmとする。
- (10) θM ステージは、回転軸にかかると予想される重量及びトルクに対し、本仕様書を満たすのに十分な剛性を有すること。
- (11) θM ステージは最高速度 1° 毎秒で駆動可能とする。また、 θM ステージは定位置出射条件において、最高速度 1° 毎秒での分光動作が可能であること。ただし、当該動作はBragg角条件により制限があっても良い。
- (12) 定位置出射を実現するステージ配置で θM を 5.5° から 72° 及び 72° から 5.5° に動かす間、第一結晶と第二結晶の α 方向及び θM 方向への相対的な角度ずれを、繰り返し性をもって $20''$ 以下に抑えること。

- (13) θ M 軸をビーム基準線に対して 60"以下の精度で配置させるために、角度基準の水準器を設けること。
- (14) θ M には表 2 に示す精度のエンコーダーを取り付ける。エンコーダーの測定値は光学ハッチ外にて目視でモニターでき、また、外部出力できる仕組みを有すること。外部出力に必要な機器及びプログラムは本仕様に含まれない。
- (15) $\Delta \theta$ 1 ステージの回転軸が第一結晶の反射面の中心を通るように設計すること。
- (16) Z1 及び Z2 ステージには表 2 に示す精度のエンコーダーを取り付ける。エンコーダーの測定値は光学ハッチ外にて目視でモニターでき外部出力できる仕組みを有すること。外部出力に必要な機器及びプログラムは本仕様に含まれない。
- (17) α 2 ステージは冷媒の循環に伴う振動を抑制するために、十分な剛性を有すること。
- (18) 各ステージには目視にてステージ位置を調整できるように、視認性がよく、かつ、必要な精度のスケールまたは目印を取り付けること。分光器に組み付けた状態でスケールまたはメモリを視認できないステージの場合は取り付けないことが認められることがあるので、協議をおこなうこと。
- (19) 真空内部品は軸受、送りネジ、ギアも含め、全て高真空対応品にて構成すること。
- (20) 各ステージには超高真空対応の機械式のリミットスイッチを設けて、誤信号によるステージの損傷を防止すること。リミットスイッチの放射線損傷を防ぐために必要に応じてカバーを製作し、入射 X 線および第一結晶を直接見込まないように取り付けること。
- (21) θ M ステージのモーターは真空チャンバーの外に取り付けること。
- (22) θ M ステージを除く各ステージのモーター駆動用ケーブルは、以下を直列に接続して使用する。
- ・モーターから、第一結晶及び第二結晶ステージ付近の取り合い点まで
 - ・上記取り合い点から真空チャンバー電気コネクタまで
 - ・真空チャンバー外壁もしくは分光器本体からモータードライバまで(長さ 25m)
- (23) θ M ステージのモーター駆動用ケーブルは、以下の 2 本を直列に接続して使用する。
- ・モーターから真空チャンバーに取り付けた電気コネクタまで
 - ・真空チャンバーからモータードライバまで(長さ 25m)
- (24) 第一結晶及び第二結晶ステージの取り合い点では、超高真空内で使用可能、かつ放射線に関して耐性を持つ適切なコネクタを使用すること。取り合い点を設ける理由は、モーターが損傷した場合の交換を容易にするためである。
- (25) 真空チャンバー内では耐放射線性能に優れたポリイミド被覆のケーブルを使用する。また、被覆の放射線損傷を低減させるために、放射線の影響を受けにくい場所に敷設すること。必要に応じてカバーを付けること。
- (26) 真空容器側のコネクタは 2 個のモーター分をまとめてトリムトリオ G6A18 22SNE JG 22 極(プラグ、ソケット)相当品とする。モータードライバへの接続コネクタは後述の 3.12 項制御機器に接続可能であること。また、モータードライバへの接続コネクタはトリムトリオ G6A12 88PNE JG 8 極(プラグ、ピン)相当品も中継コネクタや中継ケーブル等を使い接続可能とすること。ケーブルの結線に関しては製作前に別途協議する。

- (27) 真空容器外ケーブルの被覆は難燃材料を使用する。
- (28) 温度計測用素子を取り付けるためのネジ穴等を 6 箇所以上設けること。

表 2. 分光器ステージの名称及び要求仕様

名称	可動範囲	制御分解能	位置再現性	備考, その他
θM	$-1 \sim +73^\circ$	$0.036''/\text{pulse}$	1"	エンコーダー分解能: $0.01''$ 以下
Z1	$-17 \sim +2 \text{ mm}$	$0.002 \mu\text{m}/\text{pulse}$	$1 \mu\text{m}$	エンコーダー分解能: $0.02 \mu\text{m}$ 以下
$\Delta \theta 1$	$\pm 1^\circ$	$0.01''/\text{pulse}$	1"	エンコーダー分解能: $0.01''$ 以下
Z2	$-2 \sim +17 \text{ mm}$	$0.002 \mu\text{m}/\text{pulse}$	$1 \mu\text{m}$	エンコーダー分解能: $0.02 \mu\text{m}$ 以下
$\alpha 2$	$\pm 1^\circ$	$0.01''/\text{pulse}$	1"	エンコーダー分解能: $0.01''$ 以下

3.4. 真空容器

- (1) 真空チャンバーの形状はステンレス製の円筒型とすること。
- (2) 光軸から蓄積リング方向への寸法は突起部を含め 300 mm以下に抑えること。
- (3) 真空容器の前面及び背面から結晶や冷却配管を含む機器を取り付け可能とする。このため、フランジの真空シールは O リングの使用を許容する。
- (4) (3)項のフランジ及び θM 軸の回転シール部を除き、真空シールは ICF 規格金属シールを使用すること。
- (5) イオンポンプを取り付け可能とすること。真空容器下方からの取り付けを可能とすること。
- (6) 真空容器に適切な排気装置を接続し、到達圧力 $5.0 \times 10^{-5} \text{Pa}$ 未満となるように考慮すること。
- (7) 真空容器には開閉可能部を避けて、以下のフランジ等が記載個数以上取り付けられること。
 - ・放射光の入射口として床面からの中心高さ 1400 mmの位置に ICF152 規格フランジ 1 個
 - ・放射光の出射口として床面からの中心高さ 1430 mmの位置に ICF152 規格フランジ 1 個
 - ・真空排気のための ICF203 規格フランジ(契約外のゲートバルブを取り付け可能とすること) 1 個
 - ・リーク弁用 ICF70 規格フランジ 1 個
 - ・予備ポートとして ICF70 規格フランジ 3 個
 - ・ビームキャッチャー冷却水導入用 ICF152 規格フランジ 1 個
 - ・ビューポート窓として ICF152 規格フランジ 2 個
 - ・予備ポートとして ICF152 規格フランジ 1 個
 - ・イオンポンプ用フランジとして ICF203 規格回転フランジ 1 個
 - ・電流導入端子として ICF70 規格フランジ 8 個
 - ・予備ポートとして ICF70 規格フランジ 2 個

- (8) ビーム方向の寸法は入射口ポート端面から出射口ポート端面までを水平距離で 1000 mm 以内とすること。

3.5. 架台

- (1) 分光器を安定に支えるのに十分な剛性を有すること。
- (2) 設置時に、 θ M 軸の回転中心をビームラインに設置された基準高さ(床面から 1400 mm 相当)から 15 mm 上方に合わせることが可能なこと。ただし、設置床面は基準高さより正確に 1400 mm 下方にあるとは限らないため、 ± 10 mm 以上の高さ調整が可能な機構を有すること。
- (3) 設置個所は必ずしも平坦ではない。安定に固定できる処置を施すこと。
- (4) 真空容器の角度基準を 60° 以下に調整可能な機構を有すること。
- (5) 光軸から蓄積リング遮蔽壁方向への寸法は突起物を含め 400 mm 以下とすること。
- (6) 光軸から実験ホール方向への寸法は突起物を含め 1300 mm 以下とすること。
- (7) 手動のハンドル等にて、真空容器を水平面内で、ビーム方向と垂直に ± 10 mm 以上移動させる機能を有すること。
- (8) 調整後に位置ずれが起こらないような対処ができること。
- (9) 結晶交換や各種メンテナンスのために、真空容器内の可動部分等の内容物を真空容器から完全に引き出して、再現性良く戻せるように必要なガイドレールを備えること。
- (10) 真空容器下部に 600L 程度のイオンポンプとゲートバルブを取り付け可能とすること。イオンポンプとゲートバルブは本契約に含まない。

3.6. 結晶ホルダ

- (1) 本分光器には第一結晶と第二結晶の 2 つのシリコン結晶が用いられる。それぞれの結晶ホルダを含むこと。
- (2) 結晶は、ビーム方向 100 mm、高さ 35 mm、それらに垂直な方向に 50 mm のシリコン単結晶を想定する。ただし、シリコン結晶は本契約に含まない。
- (3) 結晶は液体窒素により間接的に冷却される。冷却面は $100\text{ mm} \times 35\text{ mm}$ の 2 側面である。この 2 側面にグラファイトシート等の挿入シートを介して、液体窒素で直接的に冷却された無酸素銅ブロックが接続される。挿入シートは本契約に含まない。
- (4) 結晶ホルダへの液体窒素の導入口及び排出口は 1/2 インチ面シール継手(メス)とする。
- (5) 液体窒素で直接的に冷却された無酸素銅ブロックが結晶保持部品を兼ねる。銅ブロックの押し付け圧力を微調整する仕組みを設けること。
- (6) 第一結晶及び第二結晶と同寸法のアルミブロック等のダミー結晶を含むこと。結晶ホルダの組立てを可能とすること。ダミー結晶表面には中心と光軸方向位置が判別できるケガキ線を入れること。
- (7) 液体窒素での冷却によりステージなどが冷却されない仕組みを設けること。具体的には、放射線ダメージの少ない断熱材を必要量挿入すること。
- (8) ステージへの取り付けは駆動時に移動や落下しないよう十分な強度をもって固定可能であること。
- (9) ステージ側の結晶ホルダ取り付け面の温度を $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 以下に維持するため、温度制御ユニットを設けること。温度制御ユニットには、以下のものが含まれる。

- ・ステージ温度を測定するための白金測温抵抗体 Pt100
- ・ステージを加熱するためのフィルムヒーター
- ・光学ハッチ外でモニター可能な温度表示器
- ・温度調整用コントローラ

(10) フィルムヒーターと測温抵抗体は故障時の交換に備えて着脱可能とすること。

(11) 真空内ケーブル及び真空容器と温度調整用コントローラ、温度表示への接続ケーブルは契約に含む(長さ 25m)。

3.7. 結晶冷却用配管

- (1) 本仕様書に含む結晶冷却用液体窒素配管は真空容器に取り付けられたジョイントから結晶ホルダまでとする。液体窒素の循環系及び真空容器外の配管は本契約に含まない。
- (2) 液体窒素の導入及び排出口は十分な断熱を行い、結露及び氷結を防止すること。
- (3) 真空容器内の配管は 1/2 インチステンレス管または低振動フレキシブルチューブを使用すること。配管は分割して製作することを認めるが、その場合は接続には 1/2 インチ面シール継手と適応金属ガスケットを用いること。
- (4) 配管を面シール継手によらず接続する場合は、ステンレス管の突合せ溶接とする。
- (5) 配管はステージの駆動に対応可能な柔軟性を持った上で、できるだけ短くすること。
- (6) 結晶ホルダとの接続は 1/2 インチ面シール継手と適応金属ガスケットとする。

3.8. ビームキャッチャー

- (1) 放射線が第一結晶に当たらなかった場合に真空容器に直撃し損傷するのを防ぐために、第一結晶より下流で基準高さ 1400 mmの位置に水冷された銅ブロック(以下、ビームキャッチャーと呼称)を設置する。
- (2) ビームキャッチャーの表面は水平に対して適切な角度の傾斜を設けて設置する。
- (3) 冷却水の導入による振動が発生しにくいように、真空容器と強固に結合すること。
- (4) ビームキャッチャーと散乱線シールドの冷却水配管を直列に接続する場合は、ビームキャッチャーを先に冷却すること。

3.9. 散乱線シールド

- (1) 第一結晶への放射光の照射により発生する散乱線を遮蔽するために、真空内モーターなどが第一結晶を直接見込まないように水冷された無酸素銅製の散乱線シールドを設ける。
- (2) 散乱線シールドの厚みは 3 mm以上とする。
- (3) 散乱線シールドは本来の放射光を遮らないようにしつつ、最小限の切り欠きを入れること。
- (4) 冷却水の通水による振動が発生しにくいように、強固に固定すること。
- (5) 散乱線シールドは、ステージの移動により結晶ホルダとぶつかることが無い位置に設置すること。

3.10. 冷却水配管

- (1) 冷却水配管はビームキャッチャーと散乱線シールドに冷却水を流すためのものである。
- (2) 真空チャンバー外の冷却水の導入、排出口は 1/2 インチステンレス管の切り落とし配管とすること。
- (3) 真空容器内の配管は 1/2 インチステンレス管または低振動フレキシブルチューブを使用する

こと。内径 10 mmを確保すること。配管は分割して製作してもよいが、その場合、接続には 1/2 インチ面シール継手と適応金属ガスケットを使用すること。

- (4) 配管を面シール継手によらず接続する場合はステンレス管の突合せ溶接とする。
- (5) ビームキャッチャー及び散乱線シールドとの接続には 1/2 インチ面シール継手と適応金属ガスケットを使用すること。
- (6) 配管は放射光や散乱線に可能な限り曝されない場所に敷設し、ステージの駆動等に対応できる柔軟性を持つこと。

3.11. 温度計

- (1) 温度計は分光結晶を取り付ける結晶ホルダや第一及び第二結晶ステージの温度を計測するための物である。
- (2) 温度計は白金測温抵抗体 Pt100 とする。
- (3) 下記の箇所に温度計を取り付けて計測可能とすること。
 - ・ 第一結晶ホルダ 液体窒素導入口 2 点
 - ・ 第二結晶ホルダ 液体窒素導入口 2 点
 - ・ 第一結晶調整ステージ支持台 1 点
 - ・ 第二結晶調整ステージ支持台 1 点
- (4) 分光器内は放射線環境下にあることを理解し、配線被覆等の材料選択に十分な注意を払うこと。
- (5) 真空対応の配線、温度信号を真空容器外へ取り出すための電流導入端子を含むこと。
- (6) 温度表示器に接続するための大気側ケーブル(30m)を含むこと。ケーブルの終端はバラ線とし、タグやマーカ等で各温度計の接続が判別できるようにすること。温度表示器は契約外である。

3.12. 制御機器

- (1) 制御機器として、電子カム制御対応のモーターコントローラ、モータードライバ(5 軸)分を含むこと。
- (2) θM 軸及び $\Delta \theta 1$, $\alpha 2$, Z1, Z2 軸用エンコーダケーブルを含むこと。
- (3) 制御機器類をマウントする 19 インチラックを含むこと。
- (4) 制御機器の電源は AC100V で動作すること。
- (5) 制御機器は TCP/IP または RS-232C 準拠のシリアル通信等によって外部の制御 PC 等からリモート制御が可能であること。
- (6) 3.3(25)項の真空容器外ケーブルのモータードライバへのコネクタとコネクタ形式が異なってもよいが、その場合、長さ 1m 以上の変換ケーブル等を用意すること。

3.13. 据付調整

- (1) 架台内部に別途支給するイオンポンプを挿入し、真空容器の排気ポートに接続すること。
- (2) 別途指示するビームラインの光軸を示す基準線と高さ基準を元に、指定された位置に誤差 ± 0.5 mm以下で分光器を設置すること。
- (3) θM の角度基準水準器によって、60 角度秒以下の精度で水平面を調整すること。
- (4) 指定するルートで真空容器外のケーブル(モータードライバへのケーブル、エンコーダケーブ

- ル，温度制御ユニット用ケーブル等)を敷設すること．
- (5) 敷設したケーブルと本件で製作する制御機器を用いて駆動可能な状態とすること．
 - (6) 制御機器を用いて，各ステージの駆動，リミット動作の確認及び，波長変更動作の確認を行うこと．
 - (7) 真空容器及び冷却水配管に対してヘリウムリーク試験を行い，リークレート $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 以下であること．

(要求者)

部課（室）名： NanoTerasu センター
高輝度放射光研究開発部 ビームライニンググループ
氏 名： 竹内 智之

以上

次世代放射光施設ビームライン機器
共通事項

第 2 版 (Ver. 2.1)

2022 年 4 月

本稿は、当該放射光施設のビームラインにおいて使用する機器（持ち込み装置を含む）に求める共通の仕様についてまとめたものである。ビームライン光学系機器やエンドステーションの機器に適用される。

1. 各種定義

1.1. 座標軸の定義

- ・ビームライン機器の座標軸を次のように定義する。光源から試料位置に対して、図1のように図を描いたときに重力の働く方向をy軸マイナス方向として座標軸（右手系）を定義する。
- ・光学素子の回転軸は、光学素子の中心を原点（光学素子原点）として、光学素子表面の法線方向の軸と光軸との関係から、図2のように回転軸を定義する。

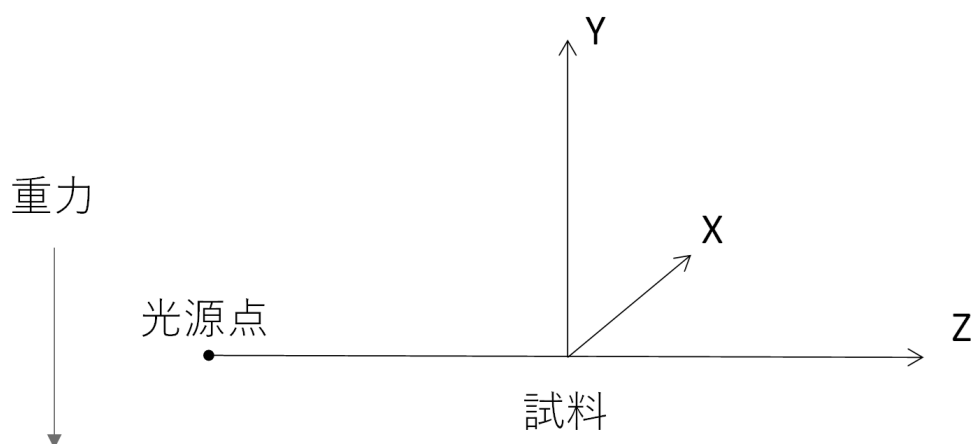


図1 座標軸の定義

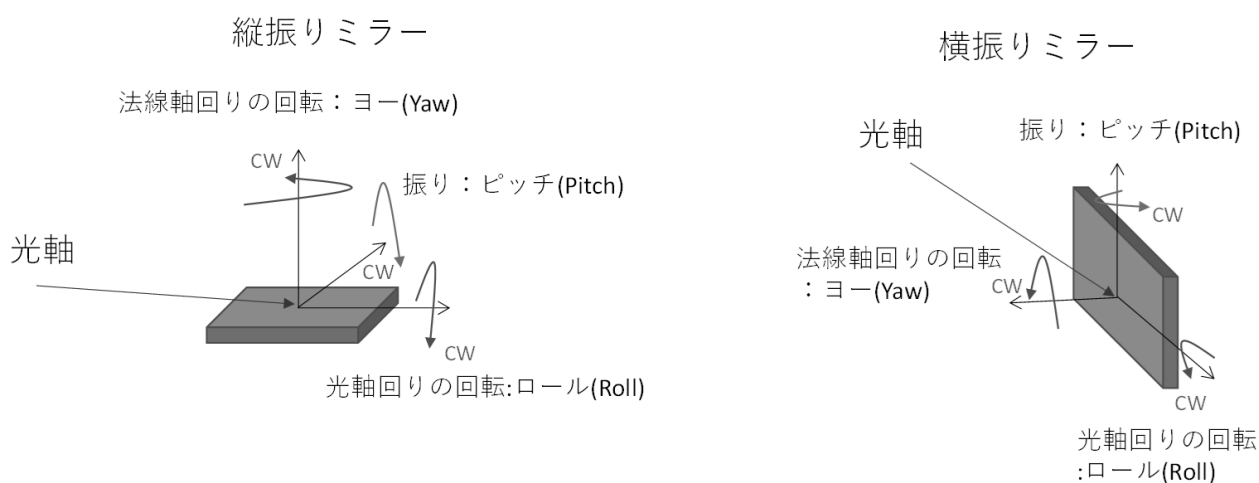


図2 座標回転軸の定義

1.2. 原点の定義

- ・挿入光源の上下流に設置された四重極電磁石の中点をビームラインの原点とする（ビームライン原点）。
- ・光学素子の位置決め等を行う場合は各々の光学素子の表面の中心を原点とする（光学素子原点）。

1.3. MKSA 単位系の使用

- ・完成図書を作成するにあたって、数値の単位は MKSA 単位系を使用すること。
- ・温度の単位はセルシウス度（℃）あるいはケルビン（K）を使用すること。

1.4. ビームラインの呼称

- ・ビームラインの名称は、ビームトランスポートトンネルを基準として、反時計回りにむけて番号が増加していく 2 桁のアラビア数字の後ろに挿入光源の場合は U、ウィグラーの場合は W を付して表記する。（例：BL01W）

1.5. 図面上の上流の位置

- ・完成図書の図面などを作成する場合、図表上の左側を光源点（ビームラインの原点）側とする。

1.6. 基準とする規格

- ・特に断らない限り、以下の規格ならびに基準に準拠して設計・施工を行い、図書を作成すること。
 - 建築学会（建築工事標準仕様書）。
 - 国土交通大臣官房長官部（機械設備工事共通仕様書）。
 - 国土交通大臣官房長官部（電気設備工事共通仕様書）。
 - 経済産業省（電気設備技術基準）。
 - 日本電気協会内線規定。
 - 建築基準法施行令。
 - 日本工業規格（JIS）。
 - 使用部品メーカー標準規格。
- ・他に指定が無い限り JIS 規格と同等以上の規格製品を用い、JIS 以外の製品を用いるときは予め許可を申し出ること。

2. 施設による境界条件

2.1. 実験ホールのスペース

2.1.1. ビームライン境界

- ・実験ホール外周部のイクスパンションジョイントの内側がビームライン機器を設置可能なエリアである。
- ・原則として、QST およびパートナー側で取り決めたビームライン境界の内側にすべてのビームライン機器が設置されること。

2.1.2. 通路の確保

- ・ビームライン機器を配置する際には近隣の装置と十分に間隔をあけて、機器を操作する者が通行できるための十分なスペースを確保すること。

放射線管理区域について

- ・実験ホール内の一部に第 2 種放射線管理区域が設定されている。工事関係者が放射線管理区域に立ち入る場合は、あらかじめ所定の手続きを行った上で作業を行うこと。

2.2. 実験ホールの床

2.2.1. 床耐荷重

- ・実験ホール内の床耐荷重は 2 t/m^2 である。この点に留意して設計施工すること。

2.2.2. アンカー固定

- ・床目地のひび割れ防止用の切込み部分を避ける必要があるため、アンカー固定の場所はあらかじめ確認すること。

2.2.3. 光軸高さ

- ・放射光ビームの光軸高さは、実験ホール床面から 1400 mm が設計値であるが、実験ホール床は理想的な平面ではなく、全面で $\pm 10\text{ mm}$ 以内の起伏がある。

- ・ビームライン光学系の光軸は、設置位置における床面からの高さではなく、あくまで放射光ビームの高さが基準であることに留意すること。

2.3. 実験ホールの環境

2.3.1. 温度

- ・実験ホール内の温度は $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に設定されている。

2.3.2. 湿度

- ・実験ホール内の湿度は $50\% \pm 10\%$ に設定されている。

2.3.3. 清浄度

- ・実験ホール内は光学素子や真空部品などを取り扱う場所となっている。そのため粉塵などがホール内に循環しないよう高い清浄度を保つことが求められることから、機器の設置およびその後の運用において、実験ホール内の環境を著しく乱してはならない。

- ・作業上、粉塵等が発生など実験ホール内の環境を著しく乱す可能性がある場合は、あらかじめ元の環境を乱さないような措置を講じること。

2.3.4. 振動・騒音

- ・実験ホール内には、実験試料ステージに nm レベルの空間分解能を有する実験装置が設置される。そのため振動や騒音の元となる機器の設置は極力避けること。あるいは振動や騒音の元となる機器を設置する場合は、防振・防音措置を講じること。

2.4. 実験ホールユーティリティ

- ・ビームライン設置場所に用意されるユーティリティーを表1に示す。
- ・想定される用途を考慮して、各ユーティリティーの取り合いは、放射光取り出しポート近くの収納壁ラチェット部もしくは実験ホール外周部のいずれかに設けられる。

表1 ビームラインに用意されるユーティリティー

設備	仕様	場所
分電盤	1Φ3W 210 V/105 V : 150A×2、100A×3、 20A×2 (インターロック用) 3Φ3W 210 V : 100A×4、75A×3	収納壁ラチェット上部
圧縮空気用フランジ	0.7-0.85 MPa	収納壁ラチェット上部
循環冷却水用フランジ	70L/min、25℃±0.2℃	収納壁ラチェット上部
ヘリウム回収ライン	25Φ×1	実験ホール外周上部
液体窒素供給ライン	60Φ×2	収納壁ラチェット上部
排水口	25A×1 (一般廃水)	実験ホール外周床
接地端子	A 種接地接続 38sq 線 2BL につき 1 か所	実験ホール外周床

2.5. 電場

- ・実験ホール内では微弱な電気信号を検出する機器が多く設置されている。これらの機器のノイズ源となるような電場が発生する可能性がある装置を設置する場合はノイズを低減させるような措置を講じること。

2.6. 磁場

- ・実験ホール内に磁場を発生する装置を設置する場合、その磁場は放射光の光源性能の著しい低下を起こさない、且つ安定な運転を妨げない範囲に制限される必要がある。また実験者が立ち入る区域では磁場強度を 0.5mT 以下に抑えるような措置を講じるか、これを超える区域に立ち入り制限を施すこと。

3. 互換性の確保

3.1. 電気・制御

3.1.1. ケーブル

- ・配線は原則としてエコケーブル (EM ケーブル) あるいは、電気用品安全法の耐燃性 (JISC3005) 傾斜試験に適合したケーブルを使用すること。
- ・複数の信号線を接続する場合は、原則としてモレックスやメイテンロックなどのコネクタ

を使用すること。

- ・ピンをコネクタに接続する際は、専用の工具を用いて接続を行うこと。

3.1.2. 電源コネクタ

- ・電源コネクタは分電盤のコネクタ形状にあったコネクタを使用すること。
- ・引掛タイプのコネクタを用いない場合は、トラッキング防止策を講じること。
- ・動力系統の電源には、過電流運転を防止するため、適切な容量の保護回路を設けること。

さらに、漏電防止のため、漏電ブレーカーを有するコンセント盤に接続するか、漏電ブレーカーを装備すること。

3.1.3. ラック

- ・インターロック等の誤作動を防止するため、電力系・駆動系と信号系の配線を分けて配置すること。

・制御装置等は19インチラック（EIA規格に準拠）に設置し、ラック自身は転倒防止策を講じること。そのほかの規格品に設置する可能性が生じた場合は、事前に担当者と協議すること。

- ・ミリサイズ規格の機器を設置する場合は、変換金具を使用して設置すること。

3.1.4. ステッピングモータ

3.1.4.1. 駆動方式

- ・5本結線、原則としてペンタゴン結線による駆動方式を使用すること。配線等の詳しい内容については、専用のマニュアルを参考にする。

3.1.4.2. センサ

- ・センサは原則として2個（3線）と5個（7線）の2タイプを使用すること。

3.1.4.3. リミットスイッチ

- ・原則としてリミットスイッチを両端点に設けること。
- ・リミットスイッチの位置は、調整可能とすること。ただし、納入時には設定されたリミット位置を再現できるようにマーカー等で印をつけること。
- ・原則としてリミットスイッチに加え、万一暴走した場合でも、真空内の光学素子やスリットのブレードに負担をかけることがないように、真空外でメカニカルストップを設けておくこと。これは二重の安全保護を施すことを意味する。
- ・リミットスイッチは原則としてB接点（接点をMakeしたらOpenになる）、原点センサはA接点とすること。

3.1.4.4. コネクタ

- ・ステッピングモータとドライバとの間のコネクタは、原則としてスリオ社の丸形コネクタGシリーズ、トリムトリオバンダムを使用すること。
- ・電源供給側は原則として、ソケットコンタクト、受け側はピンコンタクトを使用すること。
- ・ドライバとコントローラとの間のコネクタは、原則としてDsub9を使用すること。

3.1.4.5. ケーブル

- ・原則としてモータのパワーラインとリミットスイッチのケーブルはシールド線によって分離すること。コネクタ部のケーブルは共通にすること。

3.1.4.6. モータの回転方向

- ・被駆動機器が放射光光軸近傍に設置され、直線方向に（回転ではない）駆動される場合、コントローラから CW 方向の駆動信号を受けた場合には、以下の方向に機器が駆動するようにハードウェアを構成すること。

- 光軸に対して上下方向の場合：上方向
- 光軸に対して左右方向の場合：光を背負って左方向（光に正対して右方向）
- 光軸に平行方向の場合：光の進行方向

3.1.5. コンピュータ

- ・納品物としてコンピュータ等が含まれる場合は、あらかじめウィルス対策を講じること。

3.2. 配管

3.2.1. 継手

- ・食い込み継ぎ手が指定された場合は、原則としてフジキン社製 2 圧縮リング方式継手（ミリサイズ規格）あるいはスウェジロック社製スウェジロック（JIS 規格）を使用することとする。ただし異なる製造元の継手同士を同一箇所では接続してはならない。

- ・材質は原則としてステンレスとする。ただし、水導入フランジ部など指定箇所においては、テフロン製を指定する場合がある。

- ・往路・復路は、指定箇所に対して矢印等で明示すること。

3.2.2. 冷却水配管

- ・施設側冷却水は抵抗率 $1.0\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上の純水である。工事中、完成後を問わずこの基準値以下の水を戻してはならない。

- ・真空内において表面が晒される配管は、脱ガス特性が明らかな金属性であることを原則とする。

- ・真空内の機器の冷却水配管は、一筆書きとする。

- ・真空外機器に関しては、協議の上、フレキシブルチューブや継手を認める場合がある。配管の外径は原則として $\phi 10\text{mm}$ とする。

- ・配管の色は、往路青色、復路緑色とする。金属配管を用いる場合は、継手接続部分に往路青色、復路緑色の目印をつけること。

- ・冷却水配管に漏洩がないことを確認するため、窒素ガスや専用の漏洩検査液を用いた加圧漏洩試験（ 0.6MPa ）を行うこと。

3.2.3. 圧空配管

- ・圧空配管は外径 $\phi 6\text{mm}$ を原則とし、色は黄色とする。

- ・シンフレックスチューブが指定された場合でも、金属配管を排他するものではない。この場合は、保守が容易なように、最終段にシンフレックスチューブもしくはフレキシブルチューブ

ーブを用いること。

- ・圧空配管に漏洩がないことを確認するため、窒素ガスや専用の漏洩検査液を用いて加圧試験（耐圧:0.85MPa）を行うこと。また、全ての配管終了後に漏洩試験（圧力：0.5MPa）を実施し、1時間保持で減圧が5%以下であることを確認すること。

3.3. 機械

3.3.1. ネジ

- ・ボルト、ナット等の部品においては原則として JIS 規格（ミリサイズ）を用いること。インチサイズを用いる場合、あらかじめ担当者の承認を得ること。

3.3.2. 架台

3.3.2.1. 精度

- ・粗調整と微調整可能な位置調整機構を有すること。

3.3.2.2. 剛性

- ・各軸所定の精度、再現性を十分満たす剛性を持った構造とすること。ベッキングによって位置変位、変形しない構造であること。

- ・調整終了後は、粗調機構ならびに微調機構は十分な剛性・強度で固定できるものとする。

- ・排気装置本体およびミラー調整機構などのメンテナンスの必要な重量物が容易に取り外し可能な構造とし、必要ならばそのための治具を有すること。

3.3.2.3. 固定方法

- ・架台は床面に十分な強度でアンカー固定できる構造であること。

- ・水平方向は 0.5 G、垂直方向は 1.5 G の揺れに対して転倒しないよう、機器の重心なども考慮し適切にアンカー固定すること。

3.3.2.4. 移動

- ・架台は機器自身で自走できるようなキャスターを設けるか、ハンドパレットなどの搬送機器を用いて移動することができるよう、架台と床面との間に 70 mm 以上 150 mm 以下の隙間をあげ、搬送機器が架台下部に入る構造にすること。

3.3.3. 位置決め精度

3.3.3.1. 最小移動量（最小可変量）

- ・パルスモータにより電動駆動する場合、ハーフパルスの移動量を明示すること。

3.3.3.2. 最小読取量

- ・目視読取（目盛など）の場合、副尺などによる目盛りを用いる場合はその旨を明示すること。

3.3.3.3. 累積リード誤差

- ・基準点から一方向に一定間隔で順次位置決めを行い、それぞれの位置決め地点での測定値と指令値との差をテーブルの移動範囲で測定し、その差分の最大差を累積リード誤差とす

る。

3.3.3.4. ロストモーション

・駆動部品と駆動ギアとの間に生じる隙間が原因で生じるバックラッシュなどが原因で生じるロストモーションは、次のように定義する。任意の位置に対して、正の向き（モータ回転 CW 方向）から位置決めし、その位置を測定する。さらに正の向きに移動させた後、負の向き（モータ回転 CCW 方向）に同量の指令を与え移動させて位置決めし、その位置を測定する。さらに負の向きに移動させた後、正の向きに同量の指令を与え、移動させて位置決めし、その位置を測定する。この位置決め測定を、正の向き・負の向きそれぞれ複数回行い、停止位置の平均値の差を求めた最大値とする。

3.3.3.5. 再現性（繰り返し位置決め精度）

・同じ方向からの任意の一点（基準とする測定点）に位置決めし、その位置を測定する。この測定点に対して複数回の測定を行い、その最大差を求める。この操作を所定の位置で行い、求めた値の最大値の 1/2 に±を付けた値を、繰り返し位置精度とする。

3.3.3.6. 真直度

・基準位置から一方向に順次位置決めを行い、それぞれの位置での垂直方向、水平方向の変位長さと基準位置との差を測定し、測定値の始点・終点を結んだ直線から変位の最大差を真直度とする。

3.3.3.7. 円周振れ

・データム軸直線に対して垂直な円形平面であるべき対象物をデータム軸直線の周りに回転したとき、その表面が指定した位置又は任意の位置で指定した方向に変位する大きさ部品を回転させたときの任意の円周の一部の振れのこととする。

・回転軸に垂直な変位計で指定した部分の変位量を測定することで求めることとする。

3.3.3.8. 偏心（同心度）

・部品の中心と同一中心上にあるべき点の部品の円中心からのずれの大きさのこととする。

・テーブルを 1 回転させ、回転軸の水平方向の変位を測定し、その測定値の最大差を偏心とする。

3.3.3.9. 面振れ

・テーブルを 1 回転させ、上面の外周付近で上下方向の変位を測定し、その最大差を面振れとする。

3.4. 真空

3.4.1. 真空度

・真空度の計測はポンプ内部など意図的な好条件における計測は認めない。

3.4.2. 真空機器内の部品類

・真空機器内で使用する部品類は真空内で放出ガスの少ない材料を用いること。必要に応じて、脱脂及び電解研磨などの処置を施すこと。

3.4.3. リークチェック

- ・リークチェックを行った場合は、その方法を事前に協議し担当者の承認を得ること。リークチェックを行う場合は測定機器、温度、湿度などの条件を記録すること。

3.4.4. 真空配管

- ・NW、 ICF ミラーおよび調整機構取付用フランジは ICF 規格フランジと同等以上のメタルシールであれば採用を認める。なお、ICF 規格以外のメタルシールを用いる場合は、製造メーカー名、連絡先、型番、形状、材質等を明示し、入手方法を明らかにすること。
- ・取付用フランジのメタルシールが ICF 規格でない場合、粗引き用にバイトンの O リングもしくは角リングを添付すること。

3.4.5. 真空ポンプ

3.4.5.1. ロータリーポンプ、スクロールポンプの使用

- ・本施設内では、ロータリーポンプやスクロールポンプの使用を推奨しない。

3.4.5.2. 振動対策

- ・駆動部分のある真空ポンプを使用する場合は他の機器に振動などの影響を与えることを抑えるために、除震などの対策を講じること。

3.4.6. ベーキング

- ・目標とする真空度を達成するためにベーキングを行う必要がある場合は、以下の要件を満たすこと。

- リボンヒータを用いる場合は、AC200V 用とする。
- リボンヒータは、指定の標準のコネクタを取り付けること。
- リボンヒータ専用の端子台を取り付け、上記のコネクタの中継に使用すること。
- シースヒータを用いる場合は、電圧を明示し、系統ごとに同一電圧印加で制御できるように配線を工夫すること。
- ベーキング時には、シースヒータ、リボンヒータを問わず、真空セクションごとに指定する標準ベーキングコントローラとベーキング用コネクタのみにより取り合いできる構成とすること。
- ベーキングヒータを巻いた場合には、通線・絶縁試験を行うこと。
- ベーキングに関わる詳細については、別途用意する「ビームライン・ベーキング要領」に従うこと。

3.5. 制御

3.5.1. 開発環境

- ・制御系の開発環境として、以下の環境を推奨する。

3.5.1.1. OS

- ・Windows の場合

バージョンおよびエディション：Windows 10 Pro

追加パッケージ：適宜

- ・Linux の場合

ディストリビューション：Red Hat Enterprise Linux または互換 OS

バージョン：8 以上

追加パッケージ：適宜

3.5.1.2. コンパイラ

- ・コンパイラ：Visual Studio 2019、gcc、g++
- ・バージョン：適宜
- ・スクリプト言語
- ・言語：Python 推奨
- ・バージョン：3.6 以降

3.5.2. 通信規格

3.5.2.1. プロセス間通信

- ・プロトコル：MQTT (Message Queueing Telemetry Transport)
- ・バージョン：適宜

3.5.2.2. 機器通信

- ・Ethernet 推奨←加速器制御 EtherCAT (<https://www.ethercat.org/jp.htm>)

3.5.3. 通線

3.5.3.1. ケーブル

・配線工事はすべて端子台またはコネクタにより取り合う。ケーブルには別途定める命名規則に乗っ取ったタグを付けること。

3.5.3.2. 端子台、コネクタ

- ・タグ（名称シール）を付けること。

3.5.4. 19 インチラック

3.5.4.1. 扉

・扉を備える場合は、前面は鍵付きの透明な扉とすること、後面の扉は底面より 32cm 上部からの開閉式とする。

3.5.4.2. 側面および底面

- ・側面板は取り外し可能なものとし、ケーブルダクトは可能な限り底面に配置すること。

3.5.4.3. コンセント

- ・遮断機を備えること。アース端子、ロック機能を備えること。

3.5.4.4. 空冷ファン

- ・必要な場合、内部機器の盤内消費電力を考慮した空冷用ファンを備えること。

3.5.5. 操作パネルの配色

・JISZ9101：図記号－安全色及び安全標識－安全標識及び安全マーキングのデザイン通則に従うこと。

3.5.6. アラーム

・警報音は JISS0013：規格名称「高齢者・障害者配慮設計指針－消費生活製品」の報知音に従うこと。

4. 作業等

4.1. 品質管理

・本設備の制作に係る設計・製作・据付け等は、全ての工程において、以下の事項等について十分な品質管理を行うこととする。

- 管理体制
- 設計管理
- 現地作業管理
- 材料管理
- 工程管理
- 試験・検査管理
- 不適合管理
- 記録の保管・重要度分類
- 監査

4.2. 現場作業の工程管理

- ・施工工程を発注担当者の指定する期間で管理し、実績及び予定を報告すること。
- ・長期の施工工程については作業内容毎に予定を立て、予め報告すること。

4.3. 作業報告

- ・作業進捗状況に遅れが生じている場合は、速やかに担当者に報告すること。
- ・作業日誌を A 4 用紙 1 枚等にまとめ現場責任者名において毎日報告すること。当日中であれば電子メール等での報告でもよい。
- ・日誌には、少なくとも立入業者名、作業内容、進捗状況、事故の有無が記載されていること。

4.4. 機密保持

・受注者は、本業務の実施にあたり、知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。

4.5. 安全管理等

4.5.1. 一般事項

- ・作業計画に際し綿密かつ無理のない工程を組み、材料、労働安全対策 等の準備を行い、

作業の安全確保を最優先としつつ、迅速な進捗を図るものとする。また、作業遂行上既設物の保護及び第三者への損害防止にも留意し、必要な措置を講ずるとともに、火災その他の事故防止に努めるものとする。

- ・作業現場の安全衛生管理は、法令に従い受注者の責任において自主的に行うこと。
- ・受注者は、作業着手に先立ち担当者と安全について十分に打合せを行った後着手すること。
- ・受注者は、作業現場の見やすい位置に、作業責任者名及び連絡先等を表示すること。
- ・作業中は、常に整理整頓を心掛ける等、安全及び衛生面に十分留意すること。
- ・受注者は、本作業に使用する機器、装置の中で地震等により安全を損なう恐れのあるものについては、転倒防止策等を施すこと。

4.5.2. 現地作業

- ・現地作業を実施する場合は、事前に作業工程表を提出して確認を得ること。
- ・工事用仮設建物を設置する場合には、予め所定の部署と連絡をとり指示を仰ぐこと。
- ・作業責任者をおき、発注者の所属する機関における作業安全に係る規定、規則等の遵守を図り、災害発生防止に努めること。
- ・作業は、発注者の所属する機関の勤務時間内に実施すること。ただし、緊急を要し担当が承諾した場合は、所定の手続きを経た上で業務時間外に実施することができる。
- ・他の機器、設備に損害を与えないよう十分注意すること。万一そのような事態が発生した場合は、遅滞なく担当者に報告し、その指示に従って速やかに現状に復すること。
- ・作業員は、十分な知識及び技能を有し、熟練した者を配置すること。また、資格を必要とする作業については、有資格者を従事させること。
- ・構内への入退域及び物品、車両等の搬出入にあたっては、所定の手続きを遵守すること。
- ・現場作業責任者は作業員がいる間は常に担当者と連絡がとれるようにしていること。担当者の指示に従って連絡手段を講じること。
- ・高所作業に当たっては所定の安全ベルト・ヘルメットを着用し、専用の階段あるいは足場を使うこと。
- ・万一、事故が発生した場合には人的安全措施を取り、速やかに担当者に連絡をとること。事故報告書を作成の上、発生日の翌日中に提出すること。
- ・作業は必ず現場作業管理者の管理のもと複数人で行うこと。

4.5.3. 梱包・輸送

- ・製品を傷つけないように、適切に梱包・輸送すること。
- ・真空チェンバには、輸送用フランジを取り付け、内部を超高純度窒素で充填する、外面を清浄なポリエチレン袋で密封し、袋内に脱酸素剤を入れるなどの処理を行い、据え付けまでの保管中に損傷、汚染、腐食、さびなどが発生しないように梱包すること。

4.5.4. 搬入

- ・実験ホール内へは、表2のような搬入口が利用可能である。それぞれの搬入口に侵入可能

なトラックも併せて別表に示しているので参考にすること。

- ・搬入・搬出作業予定は、事前に担当者と日程調整等を行うこと。
- ・原則として土日、休日、早朝、夜間の搬入は避けること。
- ・人力のみで移動できない物品の搬入にあたっては、搬入計画を事前に提出すること。
- ・搬入時には雰囲気的清浄性を保持するため、床・壁・雰囲気保護のための措置を講じること。
- ・梱包材等廃棄物はすべて持ち帰り、適正な処分を行うこと。
- ・環境対応物品を極力用い、梱包材などは性能に支障を来たさない範囲で再利用を積極的に推し進めること。
- ・産業廃棄物を処理した場合には、マニフェスト制度に則り適正に処理したことが確認できるようマニフェスト伝票を提出するよう求める場合がある。

4.5.5. クレーン及びフォークリフト等重機類

- ・本施設にはフォークリフトは整備されていない。そのことに留意して搬入計画等を立てること。
- ・実験ホールには耐荷重 2.8 t、揚程 7.0 m の床上クレーンがある。このクレーンの長期間にわたる専有は不可能である。使用する場合には事前に使用計画書を提出し担当者の指示に従うこと。
- ・実験ホールにフォークリフト等の重機を持ち込む場合は担当者の許可を取り原則として電動式とすること。
- ・フォークリフト等を使用する場合は、所謂白タイヤを使用するなどして床面を汚さぬこと。
- ・クレーン操作ならびに玉掛作業などにあたっては安全ヘルメットを着用の上、十二分に作業に精通した所定の法的免許保有者・有資格者が行うこと。
- ・クレーンやフォークリフトによって人を吊ったり足場としたりしてはならない。

4.5.6. 養生

- ・周辺に設置されている機器への粉塵・漏水等がなきよう防護策を講じること。
- ・隣接するビームライン及び搬入経路にあたるビームラインや実験ホールに騒音、粉塵、臭いなどの影響を与えないように極力留意して作業すること。万一、どうしてもこれらを避け得ないと予想される場合には、実施期間、現場責任者名、連絡先を明記した立て看板を現場に設置し、周知を図ること。
- ・実験ホール内に持ち込むシート等は防炎性のものを用いること。
- ・作業に必要な工具、用具などは施工業者によって準備すること。

4.5.7. 溶接及びグラインダー等作業

- ・現場での溶接、グラインダー作業、などは極力避ける設計とすること。止むを得ずこれらの作業を行う場合は、理由を付して担当者に届け出た後、周囲の雰囲気を汚さない措置を必ず講ずること。

- ・原則として全方向を囲う蔽いを用いること。

4.5.8. はつり作業

- ・粉塵、騒音などの防止に十分考慮すること。
- ・全方向を囲う蔽い内で十分な散水を行いながら作業し、蔽い外への排気は防塵フィルターを通して行うこと。
- ・ペンキ等の可燃物の管理を注意深く行い、溶接火花等を含む火気を近づけないこと。

4.5.9. 感染症対策

- ・現地で作業を行う作業員は、十分な感染症対策を行い、体調が不良のものは基本的に作業を行ってはならない。

4.5.10. 常時電源接続機器

- ・常時電源接続機器の運転を行う場合は、事前に担当者に機器と運転期間を協議し担当者の承認を得るとともに、機器の付近に運転期間と連絡先を掲示すること。

4.5.11. 接続試験

- ・通電、通水などの接続試験は、担当者立会いの下行うこと。試験に合格しない場合は規定を満たすように対処すること。
- ・通水前は、フラッシング処理を行うこと。+

表 2：搬入口

搬入口の名称	クレーンのサイズ	シャッターのサイズ	搬入可能なトラック
外周搬入室 (北東部)	耐荷重：2.8t 揚程：5.0m	W3500mm、 H4100mm	全長13m、全幅2.5m、全高3.8m
実験ホール用搬入組 立調整室（南西部）	耐荷重：20t 揚程：6.88m	W6100mm、 H4100mm	全長15m、全幅3m、全高3.8m 積載16tのトレーラー